

# Формирование поперечно ограниченных пучков в массиве ЖИГ волноводов

А.Б. Хутиева, В.Р. Акимова, Е.Н. Бегинин, А.В. Садовников

Саратовский национальный исследовательский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского

**Аннотация:** выявлены механизмы формирования поперечно ограниченных пучков спиновых волн (СВ) в двумерном массиве горизонтально и вертикально ориентированных полосок железа - иттриевого граната (ЖИГ). Методом численного решения системы уравнений, описывающих стационарное распределение амплитуды связанных СВ. Проведенные исследования показывают, что двумерный массив полосок ЖИГ обладает одноосной анизотропией, задаваемой направлением внешнего магнитного поля.

**Ключевые слова:** спиновые волны, магноника, система микроволноводов, латеральные структуры

## 1. Введение

Магноны, являющиеся квантами спин-волновых возбуждений, могут использоваться в качестве носителей информационных сигналов на частотах от нескольких ГГц до единиц ТГц [1-2]. Важной особенностью устройств обработки информации с помощью распространяющихся в спиновых волн (СВ) является возможность управления спектром СВ с помощью, например, изменения величины и направления поля подмагничивания, создания упругих деформаций ферромагнитных пленок, использование эффектов гибридизации СВ и электромагнитных волн [2-5]. Магнонные сети (МС), состоящие из связанных систем спиновых микроволноводов на основе пленок железо-иттриевого граната (ЖИГ), позволяют обеспечивать технологическую интеграцию с существующей архитектурой на основе комплементарной структуры металл-оксид-полупроводник (КМОП) [2,6-9].

## 2. Система связанных волноводов и численное моделирование

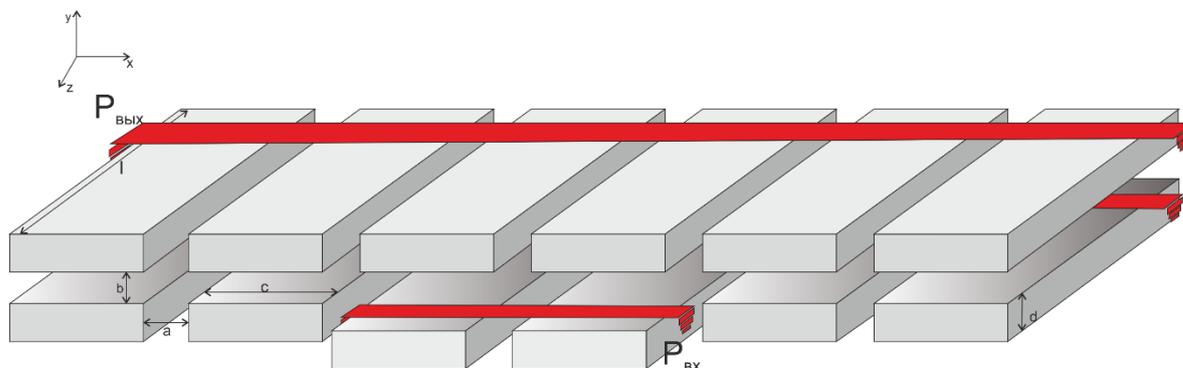
Известно, что динамика распространения волн различной физической природы в системах, состоящих из идентичных связанных волноводов может быть описана, например, исходя из метода связанных волн [10-11] в приближении ближайших соседей. В численном моделировании спинового транспорта в системе дипольно-связанных магнитных микроволноводов используется система дифференциальных уравнений первого порядка, записанная в виде [18]:

$$\frac{dA_{mn}}{dz} = i\beta A_{mn} + iC_v(A_{m+1,n} + A_{m-1,n}) + iC_g(A_{m,n+1} + A_{m,n-1}), \quad (1)$$

где  $A_{mn}$  – амплитуда СВ, распространяющейся в направлении  $z$ , нижние индексы – номер волновода вдоль горизонтального ( $m$ ) и вертикального ( $n$ ) направлений, соответственно;  $\beta$  – волновое число СВ на частоте  $f$  в одиночном изолированном волноводе;  $C_v$  - и  $C_g$  - вертикальный и горизонтальный коэффициенты связи, соответственно.

На рис. 1 схематически представлена рассматриваемая система, состоящая из идентичных магнитных ЖИГ-микроволноводов шириной  $s$  и толщиной  $d$ . Расстояния между краями смежных волноводов вдоль осей  $x$  и  $y$  равны  $a$  и  $b$ , соответственно. Пространственные периоды системы по соответствующим направлениям равны

$dx=a+c$  и  $dy=b+d$ . Общая длина системы волноводов  $l$ . Для селективной генерации спиновых волн в отдельных волноводах задавались сторонние источники динамических магнитных полей, например, в виде микрополосковых антенн. Вся система помещена во внешнее статическое магнитное поле  $H$ , направленное вдоль оси  $x$ .



**Рисунок 1.** Схема двумерного массива горизонтально и вертикально ориентированных полосок ЖИГ. Схематично показано возбуждение СВ в двух центральных магнитных микроволноводах.

### 3. Заключение

Таким образом, проведенные исследования линейной динамики спиновых волн в системе связанных ЖИГ волноводов показали, что при намагничивании системы перпендикулярно направлению распространения СВ она обладает одноосной анизотропией и в рамках метода связанных волн может быть описана путем введения положительных и отрицательных коэффициентов горизонтальной и вертикальной связи.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке **Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-03034)** и гранта президента РФ № МК-1870.2020.9.

#### Список литературы

1. V. V. Kruglyak, S. O. Demokritov, and D. Grundler, J. Phys.D: Appl. Phys., 43, 264001 (2010).
2. С.А. Никитов, А.Р. Сафин, Д.В. Калябин, А.В. Садовников, Е.Н. Бегинин, М.В. Логунов, М.А. Морозова, С.А. Одинцов, С.А. Осокин, А.Ю. Шараевская, Ю.П. Шараевский, А.И. Кирилук, УФН, 190, 1009–1040, 2020.
3. A.B. Ustinov, A.V. Drozdovskii, A.A. Nikitin, et al., Commun Phys, 2, 137, 2019.
4. A.V. Sadovnikov, E.N. Beginin, S.E. Sheshukova, D.V. Romanenko, Yu.P. Sharaevskii, and S.A. Nikitov Directional multimode coupler for planar magnonics: Side-coupled magnetic stripes // Applied Physics Letters 107, 202405, 2015.
5. Physical review letters, 124 (15), 157202, 2020.
6. А. А. Фраерман, УФН, 182, 1345–1351, 2012.
7. ITRS, International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), 2015 ed., <http://www.itrs2.net/itrs-reports.html>, 2017.
8. A.I. Stognij, L.V. Lutsev, V.E. Bursian, N.N. Novitskii, J. Appl. Phys. 118, 023905, 2015.
9. L.V. Lutsev, V.A. Dubovoy, A.I. Stognij, N.N. Novitskii, A.M. Mozharov, I.S. Mukhin, V.A. Ketsko, Journal of Applied Physics 127, 183903, 2020.
10. A. Yariv, IEEE J. Quantum Electron, 9, 9, 919–933, 1973.
11. W.P. Huang, J. Opt. Soc. Am. A., 11, 3, 963, 1994.
12. F. Lederer, G.I. Stegeman, D.N. Christodoulides, G. Assanto, M. Segev, Y. Silberberg, Phys. Rep., 463, 1–3, 1–126, 2008.